In der Begründung hebt dabei das RG. allerdings auch auf den Tatbestand des abgeurteilten Einzelfalls ab. Es beruft sich auf sein Urteil vom 17. XII. 1895 (abgedruckt in Holdheims M. Sch., 1916, S. 44; „J. W." 1916, S. 316) und führt im einzelnen in seinen Gründen aus:

Die Klausel „Streik, Betriebsstörung, Force majeure, befreien von der Verbindlichkeit rechtzeitiger Lieferung" besagt nichts davon, daß die genannten Ereignisse die befreiende Wirkung nur dann ausüben sollen, wenn sie die Leistung oder die rechtzeitige Leistung unmöglich machen. Im Gegenteil ist deutlich erklärt, daß die Beklagte zu rechtzeitiger Lieferung nicht verpflichtet sein wollte, wenn ein Streik eine Betriebsstörung, ein Fall höherer Gewalt überhaupt eintrat. Insoweit ist die Klausel nach dem deutlichen Wortsinne klar: womit sich auch das in der Literatur erhobene Bedenken erledigt, daß zu prüfen sei, ob der Käufer die Klausel so habe verstehen müssen. Klar ist andererseits auch, daß nur solche Streiks, Betriebsstörungen und Ereignisse höherer Gewalt gemeint sein können, die auf den Betrieb des Verkäufers oder solche Betriebe, von denen er für die Erfüllung des Vertrages abhängt, wesentlich störend einwirken. So hat der Senat in ständiger Rechtssprechung (vgl. das Urteil vom 20. V. 1915, II. 83/15 RG. 87, 92 erkannt, und es besteht kein Grund, davon abzuweichen. Geht man von diesem Verständnis der Klausel aus, so ist die Entscheidung nicht zweifelhaft. Der Krieg ist ein Ereignis höherer Gewalt; denn weder die Beklagte, noch sonst ein Privatmann kann durch seine Kräfte den Ausbruch des Krieges oder seine Einwirkung auf das Wirtschaftsleben abwenden. Der Ausbruch des Krieges und die durch ihn verursachte Abschneidung des Verkehrs mit dem feindlichen Auslande sind also „Force majeure" im Sinne der Klausel. Der Krieg hat auch den Geschäftsbetrieb der Beklagten auf das Ernstlichste gestört. Das ergibt die Aussage W.s, deren Inhalt von dem BG. seinem Urteil zugrunde gelegt wird und von der Klägerin nicht bestritten ist. Danach hatte die Beklagte, um die Erfüllung ihrer im ganzen reichlich 210 t betragenden Verkäufe zu sichern, in Deutschland nur ein Lager von beinahe 12 t. Daneben hatte sie aber an verschiedenen Plätzen des Auslands Lager und vor allem größere Abschlüsse mit mehreren französischen Häusern und einer japanischen Firma. Zu den französischen Abschlüssen gehörten 10 t, die sie für die Klägerin bestimmt hatte. Alle diese von der Beklagten zur Erfüllung ihrer Verbindlichkeiten getroffenen Vorbereitungen sind durch den Krieg vereitelt; denn sie hat keinerlei Ware aus dem Ausland erhalten können. Die Beklagte ist also durch den unter den Begriff der höheren Gewalt fallenden Krieg in ihrem Geschäftsbetriebe auf das Ernstlichste betroffen. Insbesondere sind auch ihre für die Erfüllung des streitigen Verkaufs getroffenen Vorbereitungen durch den Krieg vereitelt worden. Sie ist daher auf Grund der erörterten Klausel für die Dauer der kriegerischen Hindernisse von der Pflicht zur Lieferung frei. Weshalb die Klage abgewiesen werden muß, ohne daß es auf den Vorbehalt ungehinderter Schiffahrt ankam. *C.*

VEREINSNACHRICHTEN.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin SW. 11, Königgrätzerstr. 106. Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9820.

Betrifft Bericht über die Jahresversammlung.

Der Bericht über die Jahresversammlung ist auch in diesem Jahr wieder als Sonderdruck erschienen. Er enthält das Protokoll der Jahresversammlung und den Wortlaut der Vorträge nebst Diskussion. Der Preis des Exemplars beträgt 1,50 M für Mitglieder, 2,50 M für Nichtmitglieder. Bestellungen von Mitgliedern sind an unserere Geschäftsstelle, von Nichtmitgliedern an die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W. 9, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
G. Dettmar.

Elektrotechnischer Verein.
(Eingetragener Verein.)

(Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an die Geschäftsstelle, Berlin SW. 11, Königgrätzerstr. 106, Amt Kurfürst Nr. 9820, zu richten.)

Nachtrag zum Sitzungsbericht vom 17. IV. 1916[1]).

Diskussion zum Vortrag des Herrn Prof. Dr. K. W. Wagner:

„Beanspruchung und Schutzwirkung von Spulen bei schnellen Ausgleichsvorgängen"[2]).

Herr **Binder**: Ich möchte zunächst darauf hinweisen, daß zwischen zwei Windungen einer Spule die volle Spannung selbst dann nicht auftreten würde, wenn sich die Spule wie eine Leitung mit gleichmäßig verteilter Selbstinduktion und Kapazität verhielte und die Windungskapazität vernachlässigt werden dürfte.

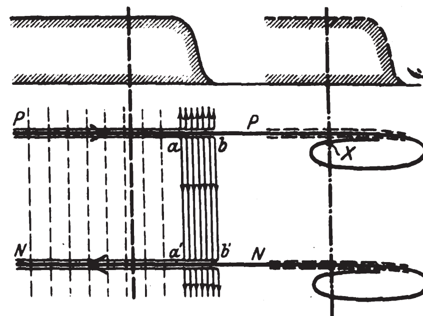
Betrachten wir den Fall: Einschalten einer Leitung mit Transformator am Ende (s. Abb. 1). Die von der Leitung kommende Welle (Spannung *E*) wird beim Auftreffen auf den Transformator, weil dessen Wicklung viel höheren Wellenwiderstand haben soll, angestaut, läuft in die erste Windung und bringt diese von der Spannung null auf die erhöhte Spannung, z. B. 1,8 *E*. Die danebenliegende Windung behält, weil isoliert, unverändert die Spannung null; es muß also zwischen beiden Windungen die Spannung 1,8 *E* auftreten. So ungefähr hatte man sich den Vorgang vorgestellt.

Daß die Windungsspannung nicht auf den genannten Wert ansteigen kann, erkennen wir, wenn wir nicht nur den Leiter selbst, sondern auch den umgebenden Raum ins Auge fassen und die räumliche Spannungsverteilung studieren. Wir gehen dabei zweckmäßig von den Vorstellungen, wie sie der Maxwellschen Theorie zugrunde liegen, aus und betrachten zunächst die Welle während ihres Laufes auf der Leitung. Die links vom Wellenkopf liegenden Teile der Leitung sind bereits unter volle Spannung gesetzt; die Aufladung weiterer Teile erfolgt im Bereiche des Kopfes. Dabei hat man sich vorzustellen, daß die Ladung nicht an den Leiterstücken *a b* bzw. *a' b'* bleibt, sondern in das Dielektrikum, also den ganzen Raum zwischen den beiden Leitern gedrängt wird, und daß hierdurch der sogenannte Verschiebungsstrom quer zu den Leitungen sich ausbildet. Sobald das betreffende Leiterstück auf die volle Spannung gebracht ist, geht an dieser Stelle der Verschiebungsstrom auf null zurück; da aber für die Aufladung weiterer Elemente der gleiche Strom fortlaufend benötigt wird, fließt durch alle geladenen Leiterelemente ein Strom konstanter Stärke. Es ist also ein geschlossener Stromkreis über Stromquelle, Hinleitung, Bahn für Verschiebungsstrom und Rückleitung vorhanden.

Die Verschiebungsströme haben ebenso wie Ströme in einer Leitung elektromagnetische Wirkungen und sind mit einem Feld verkettet, so daß bei Änderung der Stromstärke die Selbstinduktion wirksam wird. Im Bereiche des Kopfes hat man daher mit veränderlichem elektrischen und veränderlichem magnetischen Feld zu rechnen, so daß die räumliche Spannungsverteilung nicht ohne weiteres angegeben werden kann.

Für das Gebiet links des Wellenkopfes ist dagegen sowohl die Spannung wie die Stromstärke konstant. Es kann daher, abgesehen von einigen Nebenerscheinungen, das elektrische Feld wie für stationäre Verhältnisse bestimmt werden. Die elektrischen Feldlinien verlaufen für nicht zu kurze Leiter in Ebenen senkrecht zu den Leitern nach dem bekannten Bilde (Abb. 1). Die Spannung eines beliebigen Punktes, z. B. *X*, ist leicht aus den Niveaulinien abzulesen. Diese liegen in der Nähe der Leiter sehr dicht. Die Spannung $P-X$ wächst daher, wenn *X* allmählich von der Leiteroberfläche abrückt, zunächst sehr schnell, dann langsamer und wiederum schnell, wenn *X* in die Nähe des Leiters *N* kommt; erst bei Berührung des Leiters *N* wird Spannung $P-X$ gleich *E* der Wellenspannung *E*. Auch wenn man die Kapazität gegen Erde berücksichtigt, läßt sich das Feldbild nach bekannten Regeln zeichnen und damit der Spannungsverlauf angeben.

Solange die Windungskapazität unberücksichtigt bleibt, ist diese Betrachtung auch noch anwendbar, wenn die Welle ein Stück auf der ersten Windung vorgedrungen ist. Denn wir können uns dann alle übrigen Windungen wegdenken. Die Länge des Wellenkopfes sei klein gegenüber der Windungslänge. Die Spannung zwischen Anfang und Ende der ersten Windung ergibt sich zahlenmäßig aus der Gefällskurve in Abb. 1 und kann nur ein Bruchteil der vollen Wellenspannung (*E*) sein, da der Abstand $P-X$ klein ist.



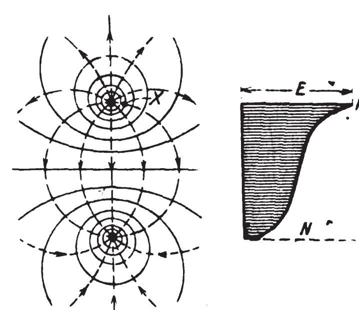


Abb. 1.

In Wirklichkeit erfährt natürlich das elektrische Feld eine starke Änderung, sowie die Welle auf der ersten Windung vordringt. Ein großer Teil des Luftraumes zwischen den Leitern *P* und *N* ist dann durch die Wicklung ausgefüllt (Abb. 2). Der Verschiebungsstrom geht quer zu den Windungen. Wegen des geringeren dielektrischen Widerstandes in dieser Bahn wird von der Leitung mehr Strom verlangt, als sie bisher lieferte. Eintrittswindung und Austrittswindung verhalten sich wie eine Doppelleitung mit niedrigerem

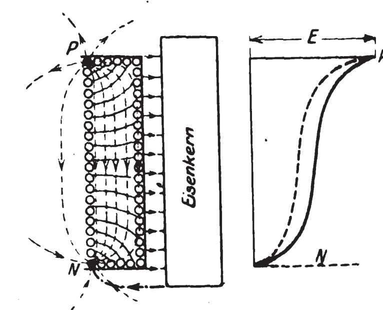


Abb. 2.

Wellenwiderstand. Die an den Anschlußstellen bleibende geringere Spannung wollen wir für das Folgende als die Wellenspannung *E* ansehen. Ein Bild der räumlichen Spannungsverteilung im Anfangszustand gibt uns in erster Annäherung das stationäre elektrische Feld, das sich ausbildet, wenn wir uns die Eingangswindung und die Ausgangswindung mit der Spannung (*E*) gegeneinander geladen und sämtliche Windungen durchschnitten denken. Das Feld wird ungefähr den Verlauf in Abb. 2 zeigen. Die Feldlinien gehen von der linken oberen Ecke stark divergent aus, werden allmählich parallel und münden stark divergierend in die Rückleitung, z. B. in die linke untere Ecke, ein. Der angenäherte Verlauf der Feldlinien und Niveaulinien kann ebenso wie für magnetische Felder nach bekannten Methoden leicht gezeichnet werden. Für das Spannungsgefälle ergibt sich daraus eine Linie wie in Abb. 2 gezeichnet (ausgezogene Linie).

Auch der Einfluß der Erdkapazität läßt sich in einem solchen Feldbild leicht übersehen. Es kommt beim Transformator hauptsächlich Kapazität der Wicklung gegen Eisen-

[1]) Vgl. „ETZ" 1916, S. 266.
[2]) Vgl. „ETZ" 1916, S. 425, 440, 456.

kern und gegen Gehäuse in Frage. Der Verlauf der Verschiebungslinien nach diesen Teilen hängt ganz von der Schaltung ab. Ist z. B. N geerdet und auch Gehäuse und Eisenkern in der angedeuteten Weise mit N verbunden, so daß die Verschiebungsströme nach dem Eisen ebenfalls über N zurücklaufen, so ist der Strom für die obere Ecke größer als für die untere. Die Gefällskurve für die Spannung verliert daher ihre Symmetrie und bekommt den gestrichelt gezeichneten Verlauf. Wir können daraus unmittelbar die Größe der Spannung zwischen zwei Windungen zahlenmäßig entnehmen. Außerdem sehen wir, daß auch an der *Austrittsstelle* der Verschiebungsströme, also da, wo die Rückleitung N angeschlossen ist, starkes räumliches Spannungsgefälle vorhanden ist, so daß auch die Isolation der Ausgangswindungen stark beansprucht wird. Damit erklären sich die Durchschläge an den Windungen, die an eine Erdungsleitung angeschlossen sind. Es ist gar nicht notwendig, daß in der Erdungsleitung selbst durch irgend welche Störungen eine Welle erzeugt wird. Wenn z. B. der eine Pol (N) eines Transformators bereits angeschlossen ist (die Schaltmesser schließen doch nie gleichzeitig), und es wird jetzt der andere Pol (P) mit der Stromquelle verbunden, so daß sich eine Welle ausbildet, so werden bei diesem einpoligen *Schalten nicht nur die an Leitung P, sondern auch die an Leitung N liegenden Windungen* beansprucht. Herr Wagner hat die Windungsdurchschläge im neutralen Punkt so erklärt, daß die von der geschalteten Leitung aus eindringende Welle, nachdem sie die Wicklung durchlaufen hat, im neutralen Punkt reflektiert wird und dadurch erhöhte Neigung erhält. Wir dürfen dabei nicht außer acht lassen, daß bei dem Vorgang die Dämpfung eine wesentliche Rolle spielt. Wie der Versuch zeigt, verflacht die eindringende Welle sehr bald, so daß sie am Wicklungsende wesentliche Beanspruchungen nicht mehr hervorrufen kann.

Sodann möchte ich über die *experimentelle Erforschung der Wanderwellenvorgänge* einiges mitteilen. Es handelt sich dabei um die Messung außerordentlich kurzzeitiger Spannungsstöße. So ist beispielsweise für eine Freileitung die Zeit, während der zwischen zwei Punkten von 1 m Entfernung Spannung vorhanden ist, nur der dreihundertmillionste Teil einer Sekunde. Es mußte daher durch Vorversuche erst eine geeignete Meßmethode ausfindig gemacht werden. Diese Versuche sind in der „ETZ" 1914, S. 177 ff., bereits beschrieben; ich will daher nur anführen, daß der starke Entladeverzug von Meßfunkenstrecken, die ja in erster Linie in Frage kommen, durch gleichzeitige Verwendung zweier Mittel praktisch beseitigt werden konnte:

1. *Vielfachzündung* am Schalter, wodurch die Meßfunkenstrecke eine große Zahl von Spannungsstößen erhält. Dabei ist wesentlich, daß der Zündvorgang am Schalter gegenüber der Einzelzündung nicht geändert wird.
2. *Belichtung* der Meßfunkenstrecke mit Radium oder ultraviolettem Licht.

An einer Reihe praktisch interessierender Anordnungen wurden sodann Messungen angestellt[1]); sie führten zu folgenden Ergebnissen:

Entstehung der Wellen. Wegen der Drosselung durch den Einschaltfunken können Wellen mit senkrechter Stirn sich nicht ausbilden. Für die steilste Stelle des Wellenkopfes wurde das Gefälle für 1 m Leitungslänge gleich 10% der Einschaltspannung gefunden, wenn die Zündung zwischen Kugeln in Luft erfolgte. Für scharfkantige Kontakte unter Öl ergaben sich etwa die doppelten Werte. Der ganze Kopf entwickelt sich erst auf einer Länge von über 50 m.

Verlauf auf Leitungen. Es wurden überraschend hohe Werte für die Dämpfung gefunden. So war bei einer Freileitung nach 150 m Lauf der Welle die Neigung der Stirn auf die Hälfte des Anfangswertes zurückgegangen; bei einem Starkstromkabel von 200 m Länge kamen die Wellen am Ende nur mit $^1/_5$ der ursprünglichen Neigung an. Bekanntlich haben die Rechnungen über den Einfluß des Leitungswiderstandes ergeben, daß nennenswerte Dämpfung erst nach Lauf über viele Kilometer eintreten dürfte. Die starke Dämpfung wird dadurch verursacht, daß bei der Freileitung ein Teil (etwa 40%) des elektrischen Feldes sich durch die Erde schließt, während es im Kabel ganz in der Kabelisolation verläuft. In beiden Fällen darf das Dielektrikum auch nicht angenähert als ideales angesehen werden. Dies zeigt sich auch darin, daß im Kabel die *Wellengeschwindigkeit* viel höher ist, als der Rechnung entspricht. Aus der Streckung des Wellenkopfes bei Übertritt vom Kabel in eine Freileitung wurde $v = 174\,000$ km/s bestimmt, während rechnungsmäßig $v = 110\,000$ km/s sein sollte.

Windungsspannung an Drosselspulen. Für die Meßfunkenstrecke steht, wenn sie nur zwischen Anfang und Ende einer Windung liegt, außerordentlich wenig Energie zur Verfügung; es bedurfte daher bei den verwendeten Spannungen bis 40 kV besonderer Sorgfalt, um das winzige Fünkchen hervorzulocken und wahrzunehmen. Ohne Vielfachzündung und Belichtung spricht die Meßfunkenstrecke überhaupt nicht an.

Scheibendrosselspule I mit Luftisolation; 15 Windungen, 30 m ganze Länge, 16 mm Luft zwischen zwei Windungen.

Anordnung: Schalter — Drosselspule — 150 m Freileitung.

Gemessen	
an der 1. Windung	0,19 E
„ „ 2. „	0,22 E
„ „ 3. „	0,23 E
„ „ 5. „	0,21 E
„ „ 13. „	0,13 E
„ „ 15. „	0,16 E

Scheibendrosselspule II mit Preßspanisolation; 20 Windungen, 38 m ganze Länge, 1,8 mm Isolation zwischen zwei Windungen.

Gemessen	
an der 1. Windung	0,08 E
„ „ 2. „	0,10 E
„ „ 3. „	0,11 E
„ „ 10. „	0,06 E
„ „ 20. „	0,02 E

Die letzteren Werte zeigen den außerordentlich starken Einfluß der Dämpfung auf der kurzen Strecke von 38 m.

Windungsspannungen an Maschinen. Der Entladeverzug tritt hier bei weitem nicht so stark in Erscheinung, da die Wellen nur langsam vordringen, so daß zwischen Anfang und Ende einer Windung verhältnismäßig lange Zeit Spannung auftritt. (Näheres „ETZ" 1915, S. 275.) Die unbelichtete Meßstrecke zeigte daher nur etwa 10% weniger als die belichtete.

Ein 6-poliger Drehstrommotor wurde in zwei Schaltungen untersucht:

1. Der eine Pol eines Einphasentransformators ist dauernd mit dem Motorgehäuse verbunden, an den freien Pol wird durch den Schalter der Anfang einer Wicklungsphase gelegt. Es ergaben sich an der ersten Windung 22%, an der ganzen Phase 115% der Einschaltspannung.
2. Die eine Phase ist dauernd verbunden, die zweite Phase wird durch den Schalter angeschlossen. In der ersten Windung konnten dabei nunmehr 11% und in der ganzen Phase nur noch 57% der Einschaltspannung nachgewiesen werden. Die Messungen ergeben also entsprechend den Betrachtungen über den Verlauf der Verschiebungsströme im zweiten Falle etwa die Hälfte der Werte für Schaltung 1. In beiden Fällen wurde starke Dämpfung festgestellt.

Das *Ergebnis der Versuche* kann dahin zusammengefaßt werden:

1. Das Bild, das wir auf Grund der bisherigen Rechnungen über die Wanderwellenvorgänge uns gemacht haben, ist stark idealisiert.
2. Für die Praxis maßgebende Versuche können nur an Leitungen und Wicklungen, wie wir sie im Betriebe verwenden, nicht an künstlichen Leitungen und Ersatzschaltungen, ausgeführt werden.

Herr Kuhlmann: Die Verteilung der Spannung über die verschiedenen Windungen einer Maschinenwicklung kurz nach dem Einschalten habe ich in meinem Vortrage auf dem Erfurter Verbandstage[1]) auch behandelt und dort — wenn auch weniger ausführlich und exakt als es Herr Wagner heute abend hier vorgeführt hat und mehr der Vorstellung als der Rechnung folgend — zu zeigen versucht, daß sich die Spannung kurz nach dem Einschalten über die verschiedenen Windungen nicht mit gleich steiler Wellenfront fortpflanzen könne, sondern um so langsamer ansteigen müsse, je weiter sich die betrachtete Windung vom zunächst eingeschalteten Wicklungsende entfernt befinde. Ich neigte also damals auch der Auffassung zu, daß die gewöhnliche Wanderwellenvorstellung mit unveränderlicher Wellenfront für Maschinenwicklungen mit der komplizierten Kapazitäts- und Induktivitätsverteilung nicht gelten könne.

Herr Wagner hat nun bei Gelegenheit seines Vortrages einen Satz ausgesprochen, auf den ich kurz etwas erwidern möchte, weil ich da schon immer einen prinzipiell wohl etwas anderen Standpunkt vertrete. Er sagte, wenn man nun die Vorgänge von einer etwas höheren Warte aus rechnerisch betrachtet, so kommt man zu den Ergebnissen von heute Abend. Mein Standpunkt ist nun der, daß die rechnerische Behandlung eines Problems keineswegs schon an und für sich die „höhere Warte" bedeutet, sondern daß die experimentell und rein physikalisch durch die Praxis erworbene Einsicht in die Verhältnisse ebenso gut Anspruch auf die höhere Warte erheben kann, solange die rechnerische Behandlung nicht mehr zu Tage fördert. Viele von uns haben in den letzten Jahren unter einer Art Wanderwellenpsychose gestanden und Überspannungserklärungen, die auf einfache Resonanz gegründet waren, als nicht ganz „wissenschaftlich" gelten lassen wollen. Die Zeiten haben sich aber bereits wieder geändert. Mancher wurde vielleicht bemitleidet, der, wie heute Abend Herr Dr. *Binder* versucht hat, rein durch physikalische Betrachtungen den Ergebnissen nahe zu kommen. Ich möchte den heutigen Abend als einen Anlaß benutzen, immer wieder die Ingenieure darauf hinzuweisen, daß sie sich nicht bloß an Formeln halten sollen. Was uns die Wanderwellentheorie geschadet hat am Fortkommen, das war das, daß etliche Leute die Ansicht vertraten, das Reflexionsgesetz erlaubt uns, Überspannungserscheinungen genau zu berechnen. Dadurch wurde einem tieferen Eindringen häufig Abbruch getan. Wir haben heute gesehen, daß man sich an die Vorstellung wenden muß, bevor man rechnet, und diese lernt der Ingenieur erst in der wirklichen Praxis. Wir haben uns manchmal zu viel darauf eingebildet, aus einer Formel alles mögliche herauslesen zu können. Aus dem Munde eines so geübten Mathematikers, wie es Herr Prof. Wagner ist, haben wir gehört, daß sich noch nicht einmal die gegenseitige Induktion in die mathematischen Betrachtungen hat bringen lassen.

Ich erwähne noch den Einfluß des Eisens auf das magnetische Feld; wie entsteht so etwas, überhaupt alles. Die Entscheidung darüber kann nur auf dem Wege der Erfahrung und des Experiments gewonnen werden, und darum habe ich auch die Ausführungen des Herrn Prof. Wagner sehr begrüßt. Denn es ist gut, daß auch diejenigen, die den rechnerischen Standpunkt vertreten, sich auf die experimentelle Seite werfen. Da liegt die Lösung der ganzen Überspannungsfrage. Was die Ausführung der Versuche anbelangt, so sehen wir in dem Wege, den Herr Prof. Wagner eingeschlagen hat, und den, welchen Herr Dr. Binder eingeschlagen hat, zwei Möglichkeiten. Aus meiner eigenen Praxis kann ich sagen, daß ich beide Wege beschritten habe, u. zw. den letzteren, von Herrn Dr. Binder angeführten, schon eher. Ich fand, daß man bei Einschaltvorgängen an den ersten Windungen etwa die halbe Spannung beobachten kann. Dies hängt von Zufälligkeiten ab. Den Weg, den Herr Wagner beschritten hat, habe ich vor rd 7 oder 8 Jahren bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft auch schon angewendet, aber die Mittel, die mir damals zur Verfügung standen[1]), waren — wie es in der Praxis früher leider die Regel war — so primitiv, daß es natürlich schon aus Zeitmangel nicht zu dem Ergebnis kam, das ich anstrebte. Ich darf es aber aus literaturhistorischem Interesse hier wohl erwähnen. Der Mittel, die wir haben, um die komplizierten Vorgänge experimentell zu erfassen, sind wirklich nur wenige, und außerdem sind sie schwer anwendbar. Zu der Sache selbst möchte ich noch kurz folgendes sagen: Man darf nicht aus den Oszillogrammen, die wir gesehen haben, und aus den rechnerischen Ableitungen gleich wieder schließen, das sei ja eine tadellose Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuch, der Versuch habe die Rechnungsgrundlagen bestätigt, und unsere Materialien würden also so und so beansprucht. In Wirklichkeit wissen wir jetzt immer noch nicht, was halten unsere Materialien eigentlich aus. Um die Überspannungsgefahr beurteilen zu können, müssen wir aber wieder wissen, wie reagieren die Dielektrika auf diese Spannungen oder worauf reagieren sie? Kommt es auf den wirklichen Höchstwert oder zeitlichen Mittelwert an? Über alle diese Fragen und die Wichtigkeit der einzelnen Fragen kann nur durch das Experiment entschieden werden, und ich möchte alle Herren, die in der Praxis auf diesem Gebiete arbeiten, dringend bitten, das Material aus den Experimenten zusammenzutragen.

[1]) Ein Teil der Messungen ist in einer demnächst in dieser Zeitschrift erscheinenden Arbeit beschrieben.

[1]) Vgl. „ETZ" 1908, S. 1095.

[1]) Als Induktivitäten standen mir Stromwandler und als Kapazitäten Tirrillkondensatoren zur Verfügung.

Herr **Rüdenberg:** Ich möchte mich dem Wunsche, den Herr Kuhlmann ausgesprochen hat, daß die Fachgenossen doch möglichst zahlreiche Versuche oder Erfahrungen auf dem Überspannungsgebiete veröffentlichen sollten, aufs Lebhafteste anschließen. Die nicht ganz einfachen Vorstellungen auf diesem Gebiete werden dadurch am allerbesten geklärt.

Da die Frage der möglichst einfachen Veranschaulichung dieser komplizierten Vorgänge heute Abend angeschnitten wurde, so glaube ich, ein paar Worte über die Reihenfolge sagen zu sollen, in der die physikalischen Erscheinungen, die geistigen Vorstellungen und Anschauungen, und die Berechnungen und Versuche der Ingenieure beim wissenschaftlichen Forschen aufzutreten pflegen. Wir gehen in der Technik im allgemeinen von den Erscheinungen aus, die uns in der Praxis auffallen. Bei den Überspannungen sind das also Versuchserscheinungen im großen an unseren Netzen. Aus diesen Erscheinungen und aus ihren bleibenden Wirkungen muß der Ingenieur sich dann gewisse Vorstellungen über den Zusammenhang und den gesetzmäßigen Ablauf der physikalischen Erscheinungen bilden. Seine Vorstellungen müssen dabei so weit geklärt sein, daß er nicht allein mit Worten und Bildern arbeitet, sondern daß er imstande ist, die physikalischen Zusammenhänge mit möglichst einfachen Mitteln rechnerisch zu beherrschen; denn ohne diese quantitative Berechnung, die überschlägig oder exakt sein kann, also mit bloßen Anschauungen — das muß ich aufs Schärfste betonen — kommen wir als Ingenieure niemals weiter. Ich sehe daher einen großen Fortschritt in der heute Abend von Herrn Wagner entwickelten Formel, die uns, die Sicherheit von Wicklungen gegenüber einfallenden Wanderwellen zahlenmäßig zu berechnen, erlaubt.

Ob die Vorstellung, die man der Rechnung zugrunde legt, richtig oder falsch ist, stellt sich bei der Prüfung der Überlegungen durch weitere Experimente im kleinen oder auch im großen bald heraus. Im allgemeinen geht es dem wissenschaftlichen Forscher so, daß er nach vielfachen Annäherungen schließlich erst zur richtigen Vorstellung kommt, nach der er dann sämtliche auftretenden Erscheinungen und anzustellenden Versuche auf diesem Gebiete zahlenmäßig erklären kann. Diese und nur diese vielfach geprüfte wahrscheinlichste Erklärung der Erscheinungen pflegt ein objektiv denkender Ingenieur zu veröffentlichen. Ich möchte deshalb dringend davor warnen, bei schwierigen oder neuen Forschungsgebieten von vornherein mit der reinen Anschauung arbeiten zu wollen und die Zahlenrechnung außer acht zu lassen. Ich sage das besonders im Hinblick auf das Überspannungsgebiet, in dem sich derartige Bestrebungen früher sehr viel und in neuerer Zeit auch wieder breit machen. Die allermeisten Ingenieure haben für diese Vorgänge zunächst keine einwandfreie Anschauung. Man muß sich vielmehr zur Bildung einer solchen erst ziemlich tief in das Verhalten der elektrischen Wellen und der fortschreitenden Spannungen einarbeiten, bevor man daran gehen kann, sich eine richtige Vorstellung zu bilden.

In diesem Zusammenhange möchte ich besonders hinweisen auf die Bilder, die uns Herr Binder heute abend angezeichnet hat, und die uns zweifellos eine anschauliche Vorstellung gewisser Vorgänge geben könnten. Ich möchte Herrn Binder aber fragen, ob er denn bei der Entwicklung seiner Bilder überhaupt beachtet hat, daß es sich bei diesen Wellen nicht um stationäre Felder handelt, sondern um elektromagnetische Felder, die mit Lichtgeschwindigkeit fortschreiten. Soweit ich es übersehe, sind die Binderschen Figuren so gezeichnet, als ob es sich um ruhende Ladungen handelt, während wir doch alle wissen, daß Ladungen, die mit Lichtgeschwindigkeit bewegt werden, im allgemeinen gänzlich andere Kraftlinienfelder erzeugen. Vielleicht ist Herr Binder so liebenswürdig, uns zu sagen, ob er logisch oder rechnerisch nachweisen kann, daß die von ihm vorgetragenen Anschauungen und Bilder für die vorliegenden Verhältnisse wirklich richtig sind. Falls dieses nicht möglich wäre, dürften derartige Anschauungen an der einen oder anderen Stelle doch zu ganz gewaltigen Irrschlüssen führen.[1]

Soweit ich erinnere, wurden zuerst von Heaviside die Unterschiede im Feldverlauf von ruhenden und sehr schnell bewegten Ladungen nachgerechnet; man findet in seinen gesammelten Werken auch eine ganze Reihe von derartigen Kraftlinienbildern, die ganz verschieden aussehen je nach der Geschwindigkeit der bewegten Ladungen.

[1] Herr Binder hat seine obenstehenden Ausführungen gegenüber den mündlichen Diskussionsbemerkungen bereits erheblich abgeändert.

Alsdann möchte ich auf das Bild hinweisen, das Herr Binder uns zur Veranschaulichung seiner Vorstellung von dem Einfall der Wanderwellen in eine Spule angezeichnet hat. Ich halte dieses Bild, auch ohne auf die Lichtgeschwindigkeit der Wanderwellen einzugehen, schon deshalb für irrtümlich, weil Herr Binder das Feld im Luftraum beim unmittelbarem Anprallen der Welle auf die metallische Spule so anzeichnet, wie es stationären Ladungen auf zwei parallelen Drähten entspricht. Würde man eine Sonde zwischen solche parallelen Leitungen legen, so mäße man wohl die von ihm befürwortete geringe Spannung. In Wirklichkeit stellt sich jedoch unter der Wirkung des leitenden Metalles der Spule ein vollkommen anderes Kraftlinienbild in unmittelbarer Nähe des Spulenanfangs ein, da doch bereits bei stationären oder statischen Feldern die Verteilung der Leiter, auch wenn sie keine Spannung führen, nicht vernachlässigt werden darf. Es wird schon schwer sein, Kraftlinienbilder für ein derartiges statisches Feld aufzuzeichnen, noch viel schwerer jedoch für Wellen, die mit Lichtgeschwindigkeit laufen. Die von Herrn Binder dargestellte Feldverteilung in den Eingangswindungen ist für beide Fälle mit Sicherheit nicht richtig.

Die Anschauungen, die ein forschender Ingenieur entwickelt, werden stets dann gut für den praktischen Gebrauch sein, wenn man nachgewiesen hat, daß sie die wirklich auftretenden Erscheinungen in allen wesentlichen Punkten decken. Während uns dieses bei den Anschauungen von Herrn Binder noch nachgewiesen werden muß, glaube ich, daß die Untersuchungsmethoden, die Herr Wagner uns heute Abend in seinem Vortrage entwickelt hat, der Wirklichkeit außerordentlich gut entsprechen. In welchem Maße dieses der Fall ist, möchte ich durch Wiedergabe einiger Versuchsziffern zeigen, die wir bei den Siemens-Schuckertwerken an den Spulen eines Drehstrommotors gewonnen haben. Es handelt sich dabei um einen schnellaufenden großen Wasserhaltungsmotor von 1100 kW Leistung, der bei 4 Polen mit 1500 Umdr/min läuft, und mit einer normalen Spannung von 5000 V betrieben wird. Wir haben ihn über einen Öl-

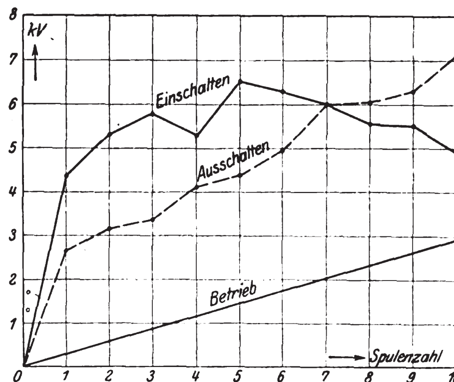


Abb. 3.

schalter ohne Schutzwiderstand durch ein 10 000 V-Kabel von etwa 300 m Länge an ein größeres Netz angeschlossen. Die Verbindungsleitungen zwischen Kabelende, Schalter und Motor waren etwa 3 m lang. Wir haben also Verhältnisse, wie sie in der Praxis häufig im Bergwerksbetriebe auftreten. Die Wicklung des Motors ist auf 10 000 V von Windung zu Windung isoliert, damit im Innern mit Sicherheit keine Durchschläge erfolgen. Sämtliche 10 Spulen einer Phase des Motors sind angezapft, so daß man eine kleine Funkenstrecke mit Vorschaltwiderstand anbringen kann, um die beim Ein- oder Ausschalten auftretende Spannung für die Spule zu messen. Außerdem läßt sich durch eine besondere Anzapfung auch die Spannung zwischen den Enden der allerersten Windung auf die gleiche Weise messen. Die Funkenstrecke haben wir bei den verschiedenen Versuchsreihen entweder natürlich gelassen oder auch nach dem Vorgang von Algermissen mit Bogenlicht bestrahlt, wodurch der Entladeverzug verringert wird, so daß die mit langsamem Wechselstrom vorgenommene Eichung der Funkenstrecke auch für die sehr kurzzeitig verlaufenden Sprungspannungen nicht allzu falsch wird. Während für die Praxis Messungen der Durchschlagsspannungen mit Einschluß des Entladeverzuges ausreichen — denn unsere Isoliermaterialien besitzen ja auch alle einen mehr oder weniger erheblichen Entladeverzug —, so möchte ich Ihnen hier nur die Messungen mit der bestrahlten Funkenstrecke vorführen, da diese mehr Absolutwerte liefern und sich daher zum Vergleich mit der Rechnung besser eignen.

Die Kurven in Abb. 3 zeigen die Spannungen, die sowohl beim Einschalten wie beim Ausschalten des Motors zwischen dem Eingangspunkt der Wicklung und dem Ende der 1., 2., 3. usw. Spule gemessen wurden. Jede Spule bestand aus 10 Windungen. Auch die Spannung an der ersten Windung beim Ein- und Ausschalten ist im Bilde mit eingetragen. Da die Spannung des Ordinatenmaßstabes aus einer Eichung der bestrahlten Funkenstrecke mit Wechselstrom direkt übertragen ist, so sind die Absolutwerte der auftretenden Spannung $\sqrt{2}$ mal größer als die eingeschriebenen Zahlen, was ja bei allen Wechselstromangaben durch Effektivwerte ebenfalls der Fall ist. Vergegenwärtigt man sich, daß die Linienspannung am Motor 5 kV betrug, die Phasenspannung also nur etwa 3 kV, so erkennt man einerseits, wie erheblich die Werte der kurzzeitigen Spannungssteigerung über der Betriebsspannung an den Spulen liegen und anderseits, wie schön sich der Charakter der Kurven, besonders der Einschaltspannungen, den von Herrn Wagner heute abend gezeigten Kurven nähert.

(Schluß folgt.)

Persönliches.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)



Für Verdienste im Felde haben das Eiserne Kreuz erhalten:[1]

P. Minch, Ingenieur der S. S. W., München (erhielt auch das Eiserne Kreuz I. Kl.).
K. Mühlenbach, Ingenieur der S. S. W., Berlin.
F. Roether, Ingenieur der S. S. W., Berlin.
K. Schmidt, Betriebsingenieur der S. S. W., Berlin.
T. Schmitz, Diplom-Ingenieur der S. S. W., Berlin.
E. Schneider, Ingenieur bei S. & H., Frankfurt a. M.
O. Schön, Ingenieur der S. S. W., Berlin.
W. Schulze, Ingenieur der S. S. W., Frankfurt a. M.
H. Semann, Betriebsingenieur der Firma Krogsgaard & Becker, Hamburg.
E. Stiller, Ingenieur bei S. & H., Frankfurt a. M.

Hochschulnachrichten. Der Privatdozent an der Universität Würzburg Dr. F. Harms wurde zum etatsmäßigen a. o. Professor der theoretischen Physik ernannt und übernimmt die Nachfolgerschaft des im Felde gefallenen Prof. Dr. M. Cantor. — Dr.-Ing. R. Moser hat sich an der Technischen Hochschule Wien als Privatdozent für Theorie und Konstruktion elektrischer Maschinen habilitiert. — Prof. Dr. Coehn wurde neben seiner Tätigkeit an der Universität Göttingen mit der Übernahme der Vorlesungen über Elektrochemie an der Technischen Hochschule in Braunschweig in Vertretung des zum Heere eingezogenen Prof. Dr. Freundlich beauftragt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Rohrpost-Fernanlagen.

Nach dem Aufsatz von Dr. SCHWAIGHOFER in der „ETZ" 1916, S. 317, ist die Erweiterung des Stadt-Rohrpostnetzes in München in der Hauptsache für den Betrieb mit kreisendem Luftstrom eingerichtet. Diese Betriebsweise hat nun zweifellos für den Elektrotechniker auf den ersten Blick etwas Bestechendes, weil er in den einzelnen Fahrrohrkreisen etwas Ähnliches findet, wie er es in der Elektrotechnik in Gestalt der Stromkreise zu finden gewohnt ist. Ebenso wie hier werden die beiden Enden eines Kreises mit den beiden Polen der Maschine, bei einem Gebläse Druck- und Saugseite genannt, verbunden. Damit sind jedoch auch die Übereinstimmungen erschöpft; während für einen elektrischen Stromkreis das Ohmsche Gesetz das wichtigste ist, hat für den Luftstromkreis das Mariottesche Gesetz die erste Bedeutung.

Dieses lehrt uns nun, daß die von der Luft eingenommenen Räume sich umgekehrt wie die

[1] Vgl. auch „ETZ" 1915, S. 696; 1916, S. 26, 54, 82, 150, 161, 201, 253, 281, 298, 322, 325, 366, 378, 406, 435, 449, 463, 506, 546, 559, 574 und 586.

Versuchen soll sich gezeigt haben, daß das Element bei Verwendung von vollkommen reinem Zink gleichbleibende EMK und gleichbleibenden inneren Widerstand behält und keiner Wartung bedarf. Die Klemmenspannung ist 1,06 V und der innere Widerstand je nach der verwendeten Tonzelle 0,5 oder 2 Ω. Bei stark belasteten und ständig unter Strom stehenden Elementen wird zweckmäßig eine mehr durchlässige Tonzelle verwendet als bei schwach belasteten. Die Tonzellen erhalten dementsprechend die Bezeichnungen „stark belastet" bzw. „schwach belastet".

Die mit diesem Element gemachten günstigen Erfahrungen haben den Verfasser veranlaßt, ein noch größeres Element dieser Art für 1500 Ah zu bauen, das einen inneren Widerstand von nur 0,007 Ω besitzt. Mit diesem Element sollen kleine Lichtanlagen betrieben werden. Die Versuche sind aber noch nicht abgeschlossen.

Außer für Telegraphenzwecke sollen die 200 Ah-Elemente besonders für Uhrenanlagen und für die elektrochemische Kleinindustrie mit Vorteil verwendbar sein. Für Zentralbatterien bei Fernsprechanlagen eignen sie sich wegen ihres verhältnismäßig hohen inneren Widerstandes nicht ohne weiteres, sondern nur in Verbindung mit Sammlern als Pufferbatterie. Die Kapazität dieser Sammler kann natürlich äußerst gering sein, da sie für die Stromlieferung nicht in Betracht kommen. *Kr.*

Verschiedenes.

Die Regelung des Zivilingenieurberufes in Deutschland.

Auf der Versammlung des Mitteleuropäischen Verbandes akademischer Ingenieurvereine, die am 21. X. 1916 in Berlin stattfand, sprach Patentanwalt Dr. Lang, Berlin, über das obige Thema und gelangte zu dem Ergebnis, daß die Mißstände, die sich im Laufe der letzten Jahrzehnte im freien technischen Berufe, namentlich in den Großstädten gezeigt hätten, am besten durch eine öffentlich-rechtliche Regelung beseitigt werden könnten.[1] Das österreichische Gesetz vom 2. I. 1913 betreffend Ingenieurkammern[2]) gäbe hierfür eine geeignete Grundlage ab. Eine Anpassung an die deutsche Rechtsauffassung sei jedoch geboten. Unter diesem Gesichtspunkte empfehle sich eine Zentralisierung des Berufes beim Reichsamt des Innern unter gleichzeitiger Errichtung von Selbstverwaltungskörpern (Kammern) mit Hilfe der Landeszentralbehörden. In den Kammern seien Fachgruppen für Bauwesen, Hochbau und Architektur, Maschinenbau, Elektrotechnik, technische Chemie, Bergbau, Hüttenwesen und Vermessungswesen vorzusehen. Für die Organisation der Selbstverwaltung könne die Handwerksnovelle vom 26. VII. 1897 als vorbildlich herangezogen werden. Die Eintragung als Zivilingenieur hätte die Absolvierung der Technischen Hochschule, eine mindestens fünfjährige Praxis und die Ablegung einer besonderen Rechtsprüfung zur Voraussetzung. Liberale Übergangsbestimmungen nach Art des Patentanwaltsgesetzes wären vorzusehen.

Die behördliche Autorisierung der Zivilingenieure sei geboten; sie bedeute eine Entlastung der Behörden und zugleich eine Förderung des selbständigen, akademisch gebildeten Mittelstandes. Die nach solchen Grundsätzen aufgebaute Institution der Zivilingenieure würde nicht nur zahlreiche Mißstände beseitigen, sondern auch eine Steigerung der Leistungen auf dem Gebiete der gesamten Technik im Gefolge haben. Mögen die gesetzgebenden Körperschaften erkennen, daß in der heutigen Zeit unter gleichen Bedingungen die Nationen am relativ stärksten sind, die ihrer technisch-wissenschaftlichen Intelligenz die besten Entfaltungsmöglichkeiten bieten.

An den Vortrag schloß sich eine lebhafte Besprechung.

Prof. Dr. Nachtweh, Hannover, sprach über „Techniker im auswärtigen Dienst" und trat für die Zuerteilung technischer Attachés an Konsulate und Botschaften ein.

Anschließend daran sprach Dr. L. Becker, Berlin, über „Techniker als Oberbürgermeister" und trat dem Irrtum entgegen, als müsse der Leiter einer Stadtverwaltung gesetzlich die Prüfung als Richter oder für den höheren Verwaltungsdienst abgelegt haben. Das sei nicht der Fall. Damit die akademisch gebildeten Techniker häufiger als bisher an die Spitze von Stadtverwaltungen berufen würden, müßten sie sich mehr in den politischen Parteien und namentlich in den Stadtverordnetenkollegien betätigen. Technische Oberbürgermeister stellen gewährleisteten eine sachgemäßere Verteilung der Referate in den Magistraten; technische Referate gehörten aber in die Hände der Techniker.

Weiter sprach Regierungsbaumeister Dr. Nipkow, Berlin über „Mißbrauch der Bezeichnungen „Ingenieur" und „Architekt" und forderte den Schutz der Bezeichnung „Ingenieur" im Sinne der österreichischen Auffassung. Als letzter Redner sprach Patentanwalt Dr. Mestern, Berlin, über „Technische Gerichtsbarkeit".

[1]) Diese Bestrebungen sind nicht neu, denn wir haben schon im Jahre 1913, S. 1270 (auch „ETZ" 1916, S. 502) über den Plan der Schaffung einer staatlich anerkannten Standesvertretung, über die sogenannten Wardeinkammern, berichtet. D. S.

[2]) Vgl. „ETZ" 1913, S. 1213; 1916, S. 26.

VEREINSNACHRICHTEN.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin SW. 11, Königgrätzerstr. 106, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9820.

Betrifft „Ausnahmebestimmungen während des Krieges".

Von den Ausnahmebestimmungen ist jetzt die dritte Auflage[1]) erschienen, in welcher alle bis zum Oktober 1916 erschienenen Kommissionsbeschlüsse aufgenommen sind. Die Sonderdrucke können wieder zum Preise von 50 Pf für das Stück von unserer Geschäftsstelle, Berlin, Königgrätzerstr. 106, bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
G. Dettmar.

Elektrotechnischer Verein.
(Eingetragener Verein.)

(Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an die Geschäftsstelle Berlin SW. 11, Königgrätzerstr. 106, Amt Kurfürst, Nr. 9820, zu richten.)

Nachtrag zum Sitzungsbericht vom 17. IV. 1916[2]).

Diskussion zum Vortrag des Herrn Prof. Dr. K. W. Wagner:

„Beanspruchung und Schutzwirkung von Spulen bei schnellen Ausgleichsvorgängen"[3]).

(Schluß von S. 602.)

Herr **Binder:** Herr Prof. Wagner hat bereits darauf hingewiesen, daß uns eine allgemeine und exakte Methode zur Verfügung steht, wir brauchen nur die Differentialgleichungen, die aus der Maxwellschen Theorie sich ergeben, zu integrieren. Für geometrisch einfache Fälle, z. B. zwei parallele Leitungen, besitzen wir ja bereits die Lösungen. Es ist aber nicht zu erwarten, daß jemals die Rechnungen für ein so verwickeltes Gebilde, wie es Transformatorwicklung mit Eisenkern und Gehäuse darstellt, durchgeführt werden können. Wir müssen also die Aufgabe vereinfachen und müssen, damit kein wesentlicher Umstand vernachlässigt wird, uns ein ungefähres Bild der Vorgänge machen. Für den einfachsten Fall ist der räumliche Aufbau und die wellenförmige Ausbreitung der Felder leicht zu beschreiben. Wenn man sich erst mit dem Mechanismus einer solchen Welle vertraut gemacht hat, so fällt es nicht schwer, auch beispielsweise den verwickelteren Fall des Transformators näherungsweise zu behandeln. Der Weg, den ich beschritten habe, ist also der natürliche. Er muß auch erst begangen werden, wenn man mit einem Ersatzschema arbeiten will. Ein ungefähres Feldbild ist notwendig, um die Größe der Ersatzkapazitäten bestimmen und abschätzen zu können, inwieweit das vereinfachte Schema mit den wirklichen Verhältnissen sich deckt.

Die Gefällskurven in Abb. 1 und 2 sind nicht identisch, haben aber ungefähr gleichen Verlauf. Für alle Betrachtungen ist angenommen, daß sich das Feldmedium in dielektrischer wie magnetischer Hinsicht ideal verhält. Die Nebenerscheinungen spielen, wie z. B. aus den Versuchen mit den Kabeln hervorgeht, eine ziemlich große Rolle; sie können aber zunächst ebensowenig wie in den Feldgleichungen oder im Ersatzschema berücksichtigt werden.

Die von Herrn Dr. Rüdenberg angeführten Messungen an einem Drehstrommotor können nichts über die Brauchbarkeit des Ersatzschemas aussagen, denn dieses gilt nur für Transformatorwicklungen oder Drosselspulen. Bei einer Maschinenwicklung sind die Kapazitätsverhältnisse ganz andere, weil ein Stück jeder Windung im Eisen eingebettet liegt. Betrachtet man eine Windung der ersten Nut und eine gleichliegende Windung in einer anderen Nut, so hat die Kapazität zwischen den Leiterstücken im Eisen immer den gleichen Wert, gleichgültig, ob die Nuten benachbart sind, oder weit voneinander abliegen. Man kann daher die Windungskapazitäten nicht durch eine Reihenschaltung von Kondensatoren darstellen. Außerdem ist zu beachten, daß man beim Versuch nicht mit Rechteckwellen arbeitet, wie sie für die vorliegenden Rechnungen mit dem Ersatzschema vorausgesetzt sind.

Herr **Kuhlmann:** Den Ausführungen des Herrn Rüdenberg über den Weg, wie man zu den brauchbaren Ergebnissen aus Versuchen kommt, trete ich bei. Ich setze nämlich voraus, daß jemand, wenn er an solche Versuche herangeht, in das Induktionsgesetz und das Gesetz vom magnetischen Kreis — welche Gesetze ja die Grundlagen der theoretischen Elektrotechnik sind — wirklich eingedrungen ist. Nun zu der Sache selbst, und speziell zu den Kurven, möchte ich mich aber dem anschließen, was Herr Dr. Binder sagte. Herrn Dr. Rüdenbergs letzte Ausführungen kann ich nicht ganz bestätigen. Erstens ist das Bild des Herrn Dr. Binder bei Wechselstrom aufgenommen, Herrn Prof. Wagners Kurve aber wohl nur für Gleichstrom. Das Bild des Herrn Dr. Binder dort ist etwas ganz Rohes im Vergleich mit den oszillographischen und rechnerischen Kurven Wagners, so daß kein eigentlicher Zusammenhang besteht. Ersteres ist gewissermaßen etwas Mittelwertiges, mit den anderen Kurven aber gar nicht Vergleichbares. Beide sind sich nur äußerlich ähnlich. Ich möchte sagen, wir müssen uns immer hüten, zu früh zu sagen, „wir haben eine glänzende Übereinstimmung". Wir haben heute diesen klassischen Ausspruch auch auf Herrn Dr. Rüdenberg erlebt und gesehen, daß man den Schluß gar nicht so schnell ziehen darf. Dann komme ich zu den Kurven. Ich habe auf dem Verbandstag in Erfurt schon darauf hingewiesen, daß ein Motor deswegen so große Schwierigkeiten macht, die Spannungsverteilung in ihm beim Einschaltvorgange zu überblicken, weil wir immer Wicklungsteile mit großer Kapazität haben, und andere Teile mit geringer Kapazität. Das ist ein so kompliziertes Bild, das hier nur das Experiment entscheiden kann.

Zum Schluß habe ich noch eine Bitte an Herrn Prof. Wagner, nämlich die, bei der Drucklegung des Aufsatzes nicht zu sparsam mit der Ableitung der Formeln zu sein. Ich wäre ihm im Interesse der Sache außerordentlich dankbar, wenn er sich gar nicht schämen würde, so recht ausführlich alle seine Ableitungen wiederzugeben, damit man die Arbeit bequem durcharbeiten kann. Es ist gar nicht so einfach — ich weiß das aus eigener Erfahrung aus meiner Praxis — es ist sogar meist riesig schwierig, die Literatur so zu verfolgen, daß man wirklich Nutzen von ihr hat. Das liegt daran, daß leider viele meinen, sie wären nicht wissenschaftlich, wenn sie die Ableitungen mathematisch zu sehr auseinandersetzen. Die Ingenieure haben meist gar nicht so große mathematische Übung. Ich wäre Herrn Prof. Wagner sehr dankbar, und ich glaube, daß alle Herren mit mir übereinstimmen, wenn wir ihn bitten, recht ausführlich die zusammenhängenden Gedanken mathematisch zu bringen.

Herr **Sarfert:** Herr Wagner hat u. a. die Frage beantwortet, wie eine Drosselspule gebaut sein muß, damit man eine günstige Wirkung von ihr erwarten kann. Die Antwort lautet:

„Um eine gute Schutzwirkung zu erzielen, sollte man Schutzdrosselspulen mit möglichst kleiner Erdkapazität bauen, die Windungskapazität dagegen soweit wie angängig erhöhen."

Dieses Ergebnis der Wagnerschen Arbeit ist für die Praxis von ganz besonderem Interesse. Es lohnt sich wohl, die üblichen Konstruktionen von Schutzdrosselspulen nach den von Herrn Wagner angegebenen Gesichtspunkten zu prüfen und so die allgemeine Form dieses wichtigen Ergebnisses in die Sprache des projektierenden Ingenieurs zu übersetzen. Dabei ergibt sich, daß den vielfach angewendeten Drahtlocken nur wenig Wert beizumessen ist. Die Erdkapazität dieser Spulen ist verhältnismäßig groß und die Windungskapazität klein. Dies ist das Gegenteil von dem, was Herr Wagner von einer guten Schutzdrosselspule fordert; außerdem haben diese Drahtlocken in der Regel nur wenig Windungen und eine minimale Selbstinduktion, so daß ihr Zweck häufig recht illusorisch ist.

[1]) Vgl. „ETZ" 1916, S. 40 und 293.
[2]) Vgl. „ETZ" 1916, S. 206.
[3]) Vgl. „ETZ" 1916, S. 425, 440, 456.

Sehr gut entsprechen der Forderung des Herrn Wagner die aus Metallband gewickelten Tellerdrosselspulen (Abb. 4a u. 4b). Sie besitzen bei geringer Erdkapazität eine große Windungskapazität und enthalten bei geringem Raumbedarf verhältnismäßig viel Windungen und

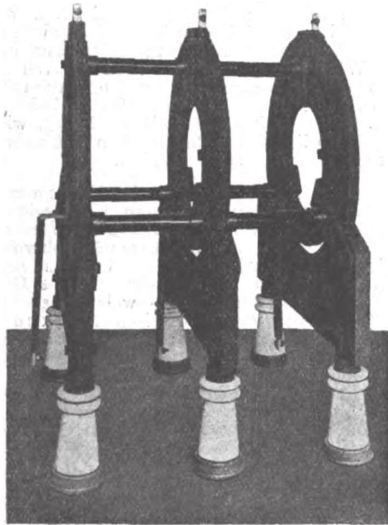


Abb. 4a. Tellerdrosselspulen.



Abb. 4b. Tellerdrosselspule.

eine große Selbstinduktion. Wo Wert darauf gelegt wird, daß Maschinen und Transformatoren durch Drosselspulen geschützt werden, scheint mir diese Konstruktion vor den bekannten Drahtlocken entschieden den Vorzug zu verdienen.

Herr **Rüdenberg:** Da Herr Kuhlmann[1]) Zweifel an der Vergleichbarkeit der von mir angeführten Messungen mit den von Herrn Wagner berechneten Kurven äußert, so darf ich ihm vielleicht erläutern, wie die Wicklung eines solchen Motors aussieht:

Es sind in jeder Nut des Stators in einer gemeinsamen Glimmerhülse 10 Flachkupferleiter übereinander gelagert. Diese 10 Leiter sind in gleicher Lage zueinander innerhalb der Nuten und auch in den Stirnverbindungen. Jeder Leiter hat also die gleiche „Windungskapazität" gegenüber dem benachbarten und auch ziemlich die gleiche „Erdkapazität" durch die Nutenhülse oder durch die Luft hindurch gegenüber dem Eisen. Wir haben also für jede Spule des Motors eine Wicklung, die ausgezeichnet dem von Herrn Wagner vorausgesetzten Ersatzschema entspricht. Daß die Wicklung sich aus verschiedenen Teilen zusammensetzt — z. B. Nutenteil und Stirnteil und auch aus einzelnen Spulen — ist richtig, dadurch werden weitere Reflexionen bewirkt, die man auch noch mit berücksichtigen könnte. Sie ändern jedoch an den Grundzügen der Erscheinung nicht mehr viel, sondern wirken, wie ich früher einmal nachwies, in der gleichen Richtung.[2]) Ich glaube daher, daß unser Motor dem Wagnerschen Ersatzschema mindestens so gut entspricht wie mancherlei in Luft aufgewickelte Spulen, bei denen auch gewisse Störungen vorhanden sind.

Der Einwand von Herrn Kuhlmann, daß meine Messungen mit Wechselstrom ausgeführt wären, während sich die Wagnerschen Berechnungen auf Gleichstrom bezogen, verstehe ich nicht. Es ist doch allgemein bekannt, daß sich diese mit Lichtgeschwindigkeit verlaufenden Wanderwellenerscheinungen in außerordentlich kurzer Zeit abspielen und daher längst abgelaufen sind, bevor sich die 50-periodige technische Wechselspannung um merkliche Bruchteile geändert hat. Es ist daher gleichgültig, ob man Gleichstrom oder Wechselstrom zu solchen Versuchen benutzt.

Auf einen Punkt, der mir im Vortrage von Herrn Wagner aufgefallen ist, möchte ich noch zurückkommen. Herr Wagner führte aus, daß die Wirkung einer Drosselspule als Schutz gegenüber dahinter liegenden Apparaten um so besser ist, je größer die Windungskapazität der Spule sei. Wenn man nun aber einmal annimmt, daß die Windungskapazität ganz außerordentlich groß ist, so würde doch jedenfalls eine ankommende Welle durch diese großen in Serie geschalteten Kapazitäten in erheblichem Maße hindurchlaufen und auf die ferner liegenden Apparate treffen. Ich möchte Herrn Wagner fragen, ob daher nicht irgend ein Maximum für die Windungskapazität besteht, bei der die Schutzwirkung der Spule am größten ist. Es wäre für die Praxis von außerordentlich großem Werte, zu wissen, wo dieses Maximum liegt.

Herr **Palm:** Ich habe beobachtet, daß beim Einschalten großer Transformatoren in normalen Betriebsverhältnissen es nicht gleichgültig ist, wie man einschaltet.

Mit einem normalen Ölschalter, ohne irgend welche Schutzvorrichtungen oder Vorschaltwiderstände normal eingeschaltet, trat gar keine Erscheinung auf, schaltete man den Transformator sehr schnell ein, dann gab es einen recht erheblichen Stromstoß.

Ich wollte Herrn Prof. Wagner fragen, ob er es theoretisch erklären könnte, wie das möglich ist, daß man einen solchen Unterschied beim Einschalten erreichen kann. Man sollte meinen, daß dieses bei hohen Spannungen, wie 25 000 V, nicht möglich sein sollte, denn man sagt sich, wenn die Kontakte nahe aneinander kommen, springt der Funken über, und es gibt kein Langsam- und Schnellschalten mehr.

Herr **Kuhlmann:** Ich wollte darauf hinweisen, daß das, wonach der Herr Vorredner gefragt hat, natürlich heute eine ganz bekannte Tatsache ist. Im „Archiv für Elektrotechnik" 1912, Heft 12, habe ich schon auf die erwähnte Erscheinung hingewiesen, und davon entsprechenden Gebrauch gemacht. Schaltet man langsam ein, so erfolgt Stromübergang schon vor der mechanischen Berührung der Kontakte dadurch, daß eine gerade im Maximum befindliche Spannungswelle in der Lage ist, die zwischen den Kontakten befindliche Ölschicht zu durchschlagen. Der Stromstoß tritt hierbei nicht auf. Wenn man aber schnell einschaltet, so erwischt man häufiger Momente, wo die Spannung nicht gerade im Maximum ist und infolgedessen ein großer Einschaltstromstoß auftritt.

Herr **Wagner:** Nach dieser so ausgiebigen und gründlichen Diskussion darf ich mich kurz fassen. Ich möchte vor allem meiner Genugtuung Ausdruck geben, daß eine Anzahl von wertvollen Versuchsergebnissen und praktischen Erfahrungen mitgeteilt worden ist, und ich kann nur der Meinung beipflichten, daß wir an derartigem Material gar nicht genug bekommen können.

Herr Dr. Rüdenberg hat mich gefragt, ob es nicht eine Art Optimum für den Betrag der Eigenkapazität gibt. Das ist in der Tat der Fall. Ich bin auf diese Frage in meinem Manuskript näher eingegangen, der beschränkten Zeit wegen habe ich die betreffenden Überlegungen und Rechnungen vorhin beim Vortrage ausgelassen (vgl. im gedruckten Vortragstext den § 20, dessen Inhalt vom Redner sodann mitgeteilt wurde; „ETZ" 1916, S. 458).

Dann darf ich vielleicht noch ganz kurz auf die von Herrn Dr. Binder angezeichneten Feldbilder zurückkommen. Das wesentliche, was dazu zu bemerken ist, hat Herr Rüdenberg schon gesagt. Ich schließe mich ihm durchaus an. Im Gebrauch von solchen gefühlsmäßig entworfenen Bildern muß man äußerst vorsichtig sein; das Gefühl kann täuschen, und was man auf diesem Wege herausbringt, stimmt manchmal, sehr oft aber auch nicht.

K. W. Wagner (brieflicher Nachtrag vom 10. X. 1916): An dem Vortragsabend war es der vorgeschrittenen Stunde wegen nicht mehr angängig, auf einige der in der Erörterung angeschnittenen Fragen einzugehen. Ich nehme aber gern Gelegenheit, das noch brieflich zu tun.

Herr Binder bestreitet, daß es auf Freileitungen und Kabeln Wanderwellen mit einigermaßen steiler Stirn gäbe und beruft sich dabei auf seine Versuche, die zum Teil in der „ETZ" 1915 beschrieben sind, zum Teil demnächst veröffentlicht werden sollen. Die bisher bekannt gegebenen Versuche halte ich nicht für beweiskräftig, da gegen die Meßanordnung wesentliche Bedenken zu erheben sind; sie mögen aber einstweilen zurückgestellt bleiben, bis die in Aussicht gestellten weiteren Versuche vorliegen. Dann wird sich wohl auch entscheiden lassen, ob man diese Versuche als „für die Praxis maßgebend" ansehen kann.

Aus Herrn Binders Ausführungen im dritten Absatz seiner ersten Bemerkung gewinnt man den Eindruck, als ob die Existenz von Wanderwellen mit steiler Stirn auf Drähten im Widerspruch mit der exakten Maxwellschen Theorie stünde. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Die bekannten scharfsinnigen Untersuchungen von Heaviside und Poincaré lehren gerade, daß eine Wellenstirn um so mehr Aussicht hat, ihre Form beim Fortschreiten beizubehalten, je steiler sie ist.[1])

Meine Bemerkung über die „höhere" bzw. die „weniger hohe Warte" („ETZ" 1916, S. 456, Spalte 3, § 18) hat Herr Kuhlmann offenbar mißverstanden.

Weitere Nachträge werden unter Briefe an die Schriftleitung später abgedruckt werden.

D. S.

Persönliches.

(Mitteilungen aus dem Leserkreise erbeten.)



Von unseren Fachgenossen starben den Heldentod fürs Vaterland[2]):

M. Jetschmann, technischer Beamter der A. E. G., Berlin (Turbinenfabrik).

A. Kellner, Betriebsleiter der Apparatefabrik der A. E. G., Berlin, Ritter des Eisernen Kreuzes.

O. Kuckei, Ingenieur der A. E. G., Berlin (Turbinenfabrik).

Für Verdienste im Felde haben das Eiserne Kreuz erhalten:

E. Briem, Ingenieur der A. E. G., Straßburg, und Vizefeldwebel d. Res.

W. Eichner, Ingenieur der Bahnabteilung der A. E. G., Berlin.

R. Flaschmann, Betriebsleiter im Kabelwerk Oberspree der A. E. G.

F. Göbel, Oberingenieur der A. E. G., Straßburg i. E., und Leutnant d. Landw.

J. A. Koch, Vertreter der Firma F. Klöckner, Köln-Bayenthal, und Fliegeroffizier.

L. Lenninger, Ingenieur der A. E. G., Straßburg, und Leutnant d. Landw.

Dr. A. Raps, Professor, Direktor der Siemens & Halske A. G., Berlin (erhielt das Eiserne Kreuz am weiß-schwarzen Bande).

J. Schulze, Oberingenieur der Landis & Gyr G. m. b. H., Berlin, und Leutnant.

M. Schütt, Ingenieur der A. E. G., Berlin (Abteilung für Kraftbetriebe).

W. Thies, Ingenieur bei S. & H., Berlin.

A. Voland, Ingenieur der Bahnabteilung der A. E. G., Berlin.

P. Wald, Ingenieur bei S. & H., Berlin.

H. U. Wendriner, Bergassessor in der Abteilung für Kraftbetriebe der A. E. G., Berlin (erhielt das Eiserne Kreuz I. Kl.).

Wir bitten alle Leser unserer Zeitschrift, uns über Fachgenossen, die im Kampfe fürs Vaterland gefallen sind, oder eine ehrende Auszeichnung erhalten haben, schnellstens Mitteilung zugehen zu lassen.

¹) In der schriftlichen Diskussion auch Herr Binder.
²) Vgl. „Elektrotechn. u. Maschinenb." 1912, S. 163.

¹) Die in La Cour und Bragstads „Theorie der Wechselströme", 2. Aufl. 1910, auf S. 886 stehende Fig. 57b ist falsch; die ursprünglich senkrechte Wellenstirn bleibt senkrecht, wie sich aus meinen Berechnungen in der „ETZ" 1910 (S. 163 u. 192) und in den „Göttinger Nachrichten" (Math.-Phys. Kl. 1910, S. 415) ergibt.

²) Vgl. auch „ETZ" 1915, S. 696; 1916, S. 26, 54, 82, 150, 161, 201, 253, 281, 298, 322, 326, 366, 378, 406, 436, 449, 468, 506, 546, 559, 574, 586 u. 602.